複断面直線開水路の低水路・高水敷境界部に発生する水平渦の特性

中央大学大学院	学生員	武内	慶了	中央大学大学院	学生員	本永	良樹
国土交通省九州地方整備局	正会員	海野	修司	中央大学理工学部	正会員	山田	正

1.はじめに: 実際の河川に多く見られる複断面開水路では,植生や低水路・高水 敷境界部(以下,境界部と呼ぶ)において,横断方向の主流速差が原因となり大規 模水平渦が発生し,横断方向の運動量輸送や物質輸送に寄与する.著者ら⁽¹⁾はこ れまで,水平渦が低水路・高水敷境界部における平均移流速度の0.91程度で流下 することや,決定論的な基礎式を用いているにも係らず水平渦がカオス的に発生 する場合があることを明らかにしてきた.本研究では,2次元数値計算を用いて, 複断面開水路において周期的・カオス的に発生する水平渦の特性を調べた.

発生したのは,高水敷上の平均主流

速が 0.4~0.45[m/s]程度以上のと

きであった.本研究では水平渦の通

過に伴った急激な水深低下の時間間



図-1 計算に用いた水路の横断図

2.計算条件と基礎式: 図-1 は数値計算に用いた複断面直線開水路の横断図である.低水路幅 b[m],高水敷粗度係数 n_f[s·m^{-1/3}],流量 Q[m³/s]を変化させ数値計算を行った.また全ての計算条件において,水路長 3000[m],水路床勾配 Is=1/1000,低水路粗度係数 n_m=0.015 を用いている.計算に用いた基礎式は,2次元不定流の基本式である運動方程式(1),(2)式と連続式(3)式である.基礎式の離散化には,差分法の陽的解法である Leap Frog 法を用いた.



流量と高水敷粗度係数の違いによって,水平渦の発生が周期的である場合(左図) とカオス的である場合(右図)とがあることがわかる.計算の範囲内で,水平渦がカオ ス的パターンで発生したのは高水敷平均主流速が 0.4~0.45[m/s]程度以上のときで あった.水平渦の通過に伴った急激な水深低下の間隔の平均値を平均周期と呼ぶ.

隔の平均値を平均周期と呼ぶ.図-3 は水位コンター図を示している.水位コンターの間隔は約 1[mm]である.低水 路幅 b が小さいほど両岸境界部で生じる2列の水平渦列が強く干渉し,各列の水平渦の発生が不規則になることがわ かる.また,低水路幅 b が大きくなるほど水平渦列の干渉が小さくなり,波長が長くなっている.また,下方二つの 図において,上図は周期的に,下図はカオス的に水平渦が発生した場合の水位コンター図である.波長にはそれほど 差異が見られないが,カオス的パターンの場合は,周期的パターンに比べ渦中心の水位低下量が少ないことが分かる. 図-4 は低水路幅 b=60[m]の条件での計算結果から,主流速差 U と平均周期 T の関係を示したものである.ここで主

キーワード : 複断面開水路 , 水平渦 , 主流速差 , 2 次元数値計算 連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学河川・水文研究室 TEL 03-3817-1805



の水平渦列が強く干渉し合い,水平渦の発生が不規 則になる.また,低水路幅bが大きいほど水平渦列 の干渉が小さくなり,波長が長くなっている.

また下方二つの図において,上図は周期的に,下 図はカオス的に水平渦が発生した場合の水位コン ター図である.波長にはそれほど差異が見られない が,カオス的パターンの場合は周期的パターンに比 べ渦中心部の水位低下量が少ないことがわかる.



期が短くなる傾向が顕著に表れており、その勾配は水平渦の発生が周期的である場合、カオス的である場合で明瞭な 違いが見られる.**図-6**は主流速差 Uを運動量厚さの2倍の大きさとしたL(=2 ,**図-5**)で除した値と、平均周期の 関係を示している. U/Lが大きいほど平均周期が短くなる傾向があることから、主流速の横断方向変化が急激に起 こるほど水平渦の平均発生周期が短くなることが言える.**図-7**はレイノルズ数と波数の関係を示したものである.代 表長さには運動量厚さ の2倍の大きさとしたL(**図-5**)を用いた.これより、レイノルズ数の増加とともに波数 が 増加していき、レイノルズ数が大きくなるとカオス的パターンで水平渦が発生し始めることがわかった.

4.まとめ: 本研究で得られた知見を以下に示す.(1)両岸境界部で生じる2列の水平渦列の干渉が強いほど,各列の 水平渦が不規則に発生し,干渉が小さくなるほど水平渦の波長が長くなる.(2)決定論的な基礎式を用いているにも 係らず,水平渦の発生が周期的である場合とカオス的である場合がある.(3)主流速差が大きいほど水平渦発生周期が 短くなる傾向が顕著であり,その勾配は水平渦の発生が周期的である場合,カオス的である場合で明瞭な違いが見ら れる.(4)主流速の横断方向変化が急激であるほど水平渦の平均発生周期が短くなる傾向があり,その傾きは水平渦の 発生が周期的,カオス的である場合で異なる.(5)水平渦の波数 はレイノルズ数とともに増加し,レイノルズ数が大 きくなるとカオス的に水平渦が発生する.

参考文献: 1) 武内慶了,本永良樹,海野修司,山田正: 複断面水路内に発生する水平渦の特性,第 29 回関東支部技術研究発表 会,pp.146-147,2002. 2) Tamai, N., Asaeda, T., Ikeda, H.: Study on generation of periodical large surface eddies in a composite flow, Water Resour. Res., Vol.22, No.7, pp.1129-1138, 1986. 3) 池田駿介,村山宣義,空閑健: 複断面開水路水平渦の安定性とその3次元構 造,土木学会論文集,509 号, pp.131-142, 1995. 4) 福岡捷二,藤田光一: 複断面河道の抵抗予測と河道計画への応用,土木学会論文報告 集,411 号, pp.63-72, 1989.